

ОЦЕНКА РИСКОВ ПЛАВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗМЕРЕНИЙ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОМПЛЕКСА

В.Ю.ТРЕТЬЯКОВ^{1,2}, С.В.ФРОЛОВ¹, А.Э.КЛЕЙН¹

¹ – ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

² – Санкт-Петербургский государственный университет

В статье рассматривается методика оценки аварийности плаваний с помощью компьютерного статистического моделирования случайных событий методом Монте-Карло. Приводится список параметров модели, одним из которых является статистическое распределение толщины льда. Приводится описание разработанного компьютерного цифрового телевизионного комплекса и программного обеспечения для измерения толщины ледяного покрова.

Развитие экономики и социальной сферы России в ближайшие десятилетия будет тесно зависеть от освоения месторождений углеводородного сырья на шельфе Российской Арктики. Этот мощный сектор отечественной экономики призван служить локомотивом модернизации, обеспечивающим обновление и рост многих отраслей: судостроения, машиностроения, металлургии, транспортной инфраструктуры и т.д. Неизбежно увеличение судоходства, причем не только танкерного: к уже выполняющимся транспортным операциям по вывозу продукции Норильского промышленного узла добавятся перевозки добываемого сырья из вводимых в строй рудных месторождений и т.п.

Эти факторы требуют адекватной оценки рисков плаваний судов во льдах при выработке оптимальной государственной политики в сфере минимизации затрат и ущерба при планировании транспортных перевозок в Российской Арктике. Очевидна необходимость определения понятия «риск» и разработки методологии расчета риска транспортных операций в акватории Северного Ледовитого океана.

Понятие риска связано с наступлением негативных последствий аварийных событий. В настоящее время еще не существует строгого математического обеспечения определения риска, хотя уже разработана теория риска, входящая в теорию игр. Очевидно, что без использования понятия «риск» невозможно обойтись при планировании транспортных операций на длительный период функционирования морских транспортных систем. Эксплуатация систем транспортировки углеводородов связана с реальной возможностью возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к значительному материальному, экологическому, а также социальному ущербу.

Наука о риске сформировалась в последней четверти XX века, ее важнейшая особенность – междисциплинарный характер с теснейшим взаимодействием естественных и гуманитарных наук. В научной литературе подчас используются противоречащие друг другу определения. Нередко термин «риск» употребляется как тождественный термину «опасность», например: «риск – это опасность возникновения неблагоприятных последствий рассматриваемого события». Однако все большее распространение получает подход к определению риска неблагоприятного события, учитывающий не только вероятность этого события, но также все его возможные последствия. Риск – количественная мера опасности с учетом ее по-

следствий. Последствия проявления опасности всегда приносят ущерб, который может быть экономическим, социальным, экологическим и т.д. Следовательно, оценка риска должна быть связана с оценкой ущерба. Чем больше ожидаемый ущерб, тем значительнее риск. Кроме того, риск будет тем больше, чем больше вероятность проявления соответствующей опасности. Поэтому риск может быть определен как произведение вероятности опасного события или процесса на величину ожидаемого ущерба. Таким образом, понятие «риск» объединяет два понятия – «вероятность опасности» и «ущерб от реализованной опасности».

Риски, угрожающие безопасности, обычно характеризуются малыми вероятностями, но тяжелыми последствиями, которые проявляются очень быстро. Для условий арктических морей это аварии судов, буровых установок, терминалов, трубопроводов и т.д. Особенность рисков состояния окружающей среды заключается в весьма существенной неопределенности причин и эффектов, проявляющихся на различных уровнях экосистем. Риски данного типа могут проявляться в замерзающих морях при возникновении аварийных ситуаций с судами и стационарными инженерными сооружениями – нефтедобывающими платформами, терминалами. Риски угрозы общественному благосостоянию обусловлены восприятием и оценкой обществом функционирования технической системы (в данном случае – системы морских перевозок, добычи ископаемых в прибрежной зоне и т.п.). Разумеется, угроза общественному благосостоянию непосредственно зависит от того, в какой степени эта деятельность связана с рациональным использованием природных ресурсов, как она отражается на состоянии окружающей среды. Негативное общественное восприятие деятельности объекта проявляется быстро и оказывается устойчивым. Для общественного сознания характерно крайне негативное восприятие морских катастроф или хотя бы потери судном возможности движения в сплоченных льдах. Это может вызвать цепную реакцию чрезвычайных ситуаций, связанных с невыполнением так называемого «северного завоза» или работы нефтедобывающих платформ и терминалов. Очевидно, что для замерзающих морей наиболее опасные экологические последствия могут иметь чрезвычайные ситуации с танкерами, перевозящими углеводородное сырье.

Аварии могут иметь причины, связанные с «человеческим фактором», т.е. ошибками или халатным отношением судоводителей и специалистов по эксплуатации судна и форсмажорными обстоятельствами, не зависящими от человеческой воли. Вероятно, в качестве оценок вероятностей аварий, причиной которых является «человеческий фактор», можно использовать обобщенные результаты аварийности судоходства. Оценка рисков аварийных ситуаций данного типа не является целью настоящего исследования.

Особенность транспортных операций в Арктике заключается в наличии ледяного покрова. Транспортировка углеводородов танкерами может осуществляться при помощи ледокольной проводки. Здесь возможны две причины возникновения аварийной ситуации. Первая – столкновение судна с льдиной, торосистым образованием в проложенном ледоколом канале или столкновение с кромкой канала. Избежать таких случаев невозможно, но возможно определение безопасной скорости движения судна в зависимости от его ледового класса, свойств и характеристик ледяного покрова. Строгое соблюдение правил плавания судов во льдах позволяет исключить вероятность данной аварийной ситуации, которая может рассматриваться как разновидность аварийных ситуаций, обусловленных «человеческим фактором». Для моделирования таких аварийных ситуаций необходима статистика нарушений правил судоходства, причем здесь можно привлекать данные по всему судоходству в Мировом океане. Вторая причина – сжатие судна льдами. Это действительно форсмажорное обстоятельство, периодически встречающееся при движении судов во льдах. Все известные случаи гибели судов в Северном Ледовитом океане были вызваны именно

сжатиями льдов. Планирование транспортных операций с гарантированным исключением вероятности возникновения сжатий во льду в принципе невозможно: никакое развитие компьютерной техники и детерминированных компьютерных моделей динамики ледяного покрова не позволит с абсолютной гарантией избегать зон сжатий.

Сжатие судна льдом может вызвать три типа аварийных ситуаций с различным объемом ущерба. Самым опасным является разрушение герметичности корпуса с поступлением углеводородов в окружающую среду, что неизбежно вызовет экологическую катастрофу. При этом возможна гибель судна или получение повреждений такого уровня, который сделает нерентабельным его последующий ремонт. Меньшей по тяжести последствий является ситуация, при которой не происходит утечки транспортируемых углеводородов или других представляющих опасность для окружающей среды грузов, но судно теряет способность к самостоятельному движению и ему требуется срочный ремонт. Для танкерного флота подобная ситуация приводит к срыву регулярной транспортировки углеводородного сырья и косвенно увеличивает вероятность аварий с экологическим ущербом на береговых терминалах и тем более на морских нефтедобывающих платформах, поскольку на них может храниться только ограниченное количество добытого сырья. В случае срыва регулярности транспортировки неизбежно возникает ситуация заполнения добытым сырьем всех имеющихся в наличии хранилищ, что приводит к необходимости прекращения добычи и закупорки скважины. Естественно, что операции по консервации и последующей расконсервации скважин, особенно расположенных на шельфе, чреватые авариями с поступлением углеводородов в окружающую среду. Наименее опасной по последствиям является аварийная ситуация, приводящая к повреждениям судна, не влияющим на его судходные качества и требующим устранения только при плановом ремонте. В этом случае вообще нет экологических последствий, а экономические ограничиваются увеличением расходов судовладельца на ремонт, впоследствии перекладываемых на конечного потребителя.

Разумеется, можно относиться к морским коммерческим транспортным операциям как к рискованной игре, которая в случае удачи может принести крупный выигрыш. При такой психологической мотивации нет никакой необходимости в определении величины риска: ведь азартные игроки осознают, что казино в конечном счете обязательно останется в выигрыше, однако надеются на крупный однократный выигрыш.

Однако транспортировка углеводородного сырья от арктических прибрежных и шельфовых месторождений продолжается длительный период времени — десятки лет. Аналогично достаточно продолжительное время осуществляется разработка рудных месторождений, снабжение населенных пунктов и вахтовых баз. В этом случае научные исследования в состоянии помочь с выработкой оптимальных управленческих решений по определению выбора метода транспортировки углеводородов: судами или с помощью трубопроводов, технических характеристик судов и маршрутов плаваний. Теоретически принцип выбора понятен: максимальная эффективность принятого решения в денежном эквиваленте. Сложность в том, как учесть цену ущерба, связанного с авариями судов. Кроме того, управляющая структура может быть вынуждена выбирать не самое эффективное с точки зрения всего периода выполнения транспортных операций решение, если на его выполнение просто нет финансовых возможностей. Например, возможен вариант, когда в плане многолетней эксплуатации более выгодно использование трубопровода. Однако трубопровод — очень дорогая система, требующая значительного периода времени для прокладки. Использование же танкера приносит выгоду уже после первой транспортной операции.

Применение статистического моделирования аварийности плавания методом Монте-Карло позволяет с высокой точностью определить количество аварий на

определенном маршруте движения за достаточно длительный период времени. Сущность этого метода заключается в трактовке параметров расчетной модели как случайных величин, характеризующихся определенными законами распределения. Прогностическая ценность модели определяется адекватностью реальности используемых распределений случайных величин. Разумеется, надежнее всего использовать распределения, построенные по данным натурных исследований. Однако необходимым условием их использования является уверенность в неизменности характеристик случайных величин в течение периода эксплуатации транспортной системы. Это же отнюдь не является очевидным, наоборот, выявлена цикличность характеристик ледяного покрова Арктики с временным масштабом нескольких десятков лет, сопоставимым с продолжительностью эксплуатации месторождений. Другая неопределенность вызывается возможными глобальными изменениями климата. Из-за этого параметры модели следовало бы рассматривать не как случайные величины, а в качестве случайных функций. Однако подобный подход существенно усложнил бы методику моделирования. Поэтому в случае прогнозируемых изменений характеристик ледяного покрова в продолжение периода эксплуатации транспортной системы более рациональным представляется теоретический расчет законов распределения параметров модели. Он может быть выполнен на основании выявленных по данным натурных исследований эмпирических распределений с учетом ожидаемых изменений статистических параметров этих распределений по результатам компьютерных моделей, включая детерминированные.

В разработанной компьютерной модели оценки аварийности плаваний выбор значения параметра осуществляется с помощью генератора псевдослучайных чисел компьютера. Возвращаемое значение в диапазоне 0–1 рассматривается в качестве величины интегральной функции распределения параметра модели. По ней определяется значение квантили – величины параметра модели, имеющего данное значение интегральной функции распределения.

В настоящее время в компьютерной модели оценки аварийности плаваний реализована только одна причина аварий: сжатие судна льдом. В модели авария в результате сжатия льда происходит в том случае, когда прочность льда оказывается выше прочности корпуса судна. Это справедливо для случая статической нагрузки в районе миделя корпуса судна, но неверно для случаев динамических взаимодействий судна с льдинами и торосистыми образованиями. Аварий по данной причине можно избежать строгим выполнением правил судовождения, ограничивающих максимальную скорость движения судов в дрейфующих льдах.

Сущность используемой схемы моделирования заключается в следующем. Оценивается аварийность плаваний по определенному маршруту при наличии дрейфующих льдов. Движение каравана (судна) моделируется только в сплоченных дрейфующих льдах, поскольку только в них возможны сжатия льдов. Для моделирования конкретных реализаций плаваний используется генератор случайных чисел и законы распределения параметров ледяного покрова. Последние задаются во внешних текстовых файлах. Перед началом модельного эксперимента пользователь с помощью интерфейса модели выбирает необходимые файлы данных для построения законов распределений. В этих файлах должны быть записаны два столбца чисел: в первом – значения параметра, во втором – значения интегральной функции распределения. Если выданное генератором случайных чисел значение не равно ни одному из значений интегральной функции распределения во внешнем файле, то величина квантили – параметра модели определяется в программе с помощью интерполяции. Так достигается универсальность использования компьютерной модели: пользователь не должен редактировать исходный код программы, от него требуется подготовка внешних файлов распределений параметров модели. Для подготовки данных применяется специально разработанная программа, создающая

внешний текстовый файл эмпирического закона распределения на основании данных внешнего файла формата Microsoft Excel, содержащего данные о частоте встречаемости исследуемого параметра. Этот внешний файл содержит два столбца. В первом содержатся значения параметра, во втором – характеристика частоты их встречаемости. Например, для формирования файла закона распределения толщины льда в левом столбце исходного файла следует задать средние значения толщины льда по возрастным градациям, а в правом – суммарная протяженность пути плавания во льдах различного возраста на маршруте движения.

Алгоритм моделирования следующий: сначала задается закон распределения протяженности маршрута в сплоченных льдах для определенного временного промежутка (месяц, декада). Закон распределения может быть построен на основании как данных натурных наблюдений, так и результатов компьютерного моделирования динамики ледяного покрова. Так, апробация модели была выполнена для трех вариантов маршрута плавания по трассе Приразломное месторождение – кромка дрейфующих льдов в Баренцевом море. Распределения протяженностей плаваний были построены по данным Норвежского электронного атласа характеристик ледяного покрова [5]. Было обработано 1136 электронных карт общей сплоченности льда за 1980–1989 гг. и 1994–2002 гг. На их основании были созданы 42 файла распределений протяженности плаваний в сплоченных льдах для полумесячных интервалов с ноября по май.

Затем пользователь выбирает распределения протяженностей участков пути без сжатий и с ними. Эти распределения также могут основываться на данных судовых специальных наблюдений или результатах моделирования. Далее пользователь задает закон распределения толщины льда и вероятность попадания судна в зону сжатий, которая определяется отношением суммарной протяженности участков со сжатиями дрейфующих льдов к общей протяженности маршрута в сплоченных льдах. Также пользователь задает закон распределения относительной прочности льда по отношению к максимально возможной, величины модуля Юнга льда и предельных прочностей льдов различных возрастных градаций, ледовый класс и водоизмещение судна. После задания всех параметров модели с помощью интерфейса пользователя начинается численный эксперимент, который прекращается, если при имитации 10000 плаваний не произошло ни одной аварии или если разность отношений числа аварий к числу плаваний между текущим и предыдущим модельными плаваниями меньше одной тысячной текущего отношения. То есть численный эксперимент прекращается, если величина аварийности стала устойчивой и практически не изменяется с проведением следующего модельного эксперимента. Данная процедура проверки выполняется только в том случае, если число аварий превышает 10.

В начале каждого модельного плавания определяется протяженность пути в сплоченных льдах при помощи генератора случайных чисел компьютера. Если протяженность пути в сплоченных льдах отлична от нуля, то производится имитация движения по отдельным участкам маршрута в сплоченных льдах.

В начале каждого участка выполняется первое модельное испытание: определяется, есть ли сжатие. Если сжатия нет, то производится следующее модельное испытание: определяется протяженность участка пути без сжатий в сплоченных льдах, затем определяется протяженность оставшегося пути в сплоченных льдах. Далее определяется наличие или отсутствие сжатия ледяного покрова на следующем участке пути. Если же на данном участке пути наблюдается сжатие, то сначала производится модельное испытание с определением протяженности участка сжатий. Затем выполняются испытания с определением толщины ледяного покрова и его относительной прочности. По этим параметрам определяется величина предельной нагрузки, которую может испытывать лед без разрушения. Если эта

нагрузка оказывается выше предельного давления, которое может выдерживать корпус судна в районе миделя, то неизбежно происходит авария и в модели реализуется плавание следующего судна. Расчет этого предельного давления выполняется в зависимости от ледового класса и водоизмещения судна в соответствии с Правилами Российского морского регистра судоходства.

Алгоритм расчета предельной прочности льда на сжатие учитывает два механизма: раздробления и излома льда из-за его изгиба. Дрейфующий лед рассматривается в качестве полубесконечной пластины, расположенной на упругом основании. Вызывающая раздробление льда локальная погонная нагрузка на борт судна (размерность – н/м) и, естественно, на ледяной покров q_c рассчитывается по формуле:

$$q_c = \sigma_c \cdot h, \quad (1)$$

где σ_c – прочность льда при одноосном сжатии, h – толщина льда [2]. Прочностные характеристики льда слабо зависят от температуры и солености и очень сильно от структуры льда. Величина σ_c в модели определяется следующим образом: значения предельных прочностей сжатия молодого, тонкого, среднего и толстого однолетнего льда умножаются на величину относительной прочности ледяного покрова.

Величина вызывающей потерю устойчивости ледяной пластины и ее излом локальной погонной нагрузки q_b рассчитывается по выражениям [2], [4]:

$$q_b = \sqrt{\rho g D}, \quad D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}, \quad (2)$$

где ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения, D – цилиндрическая жесткость ледяной пластины, E – модуль Юнга льда, h – толщина ледяной пластины, μ – коэффициент Пуассона. При температуре от -3 до -40 °С лед ведет себя как вполне упругое тело, подчиняющееся закону Гука, если приложенное напряжение не превышает определенного значения и продолжительность его воздействия достаточно коротка [1]. Согласно обзору литературы [6] локальная погонная нагрузка убывает по мере увеличения протяженности зоны контакта корпуса судна со льдом l_c пропорционально $l_c^{-0,4}$ при большем 30 отношении протяженности зоны контакта к толщине льда. При толщине льда, равной 1 м, для проявления этого эффекта необходимо, чтобы зона контакта была более 30 м, при толщине льда 2 м – более 15 м. Поэтому в модели этот эффект не учитывается. Предполагается, что опасные зоны контакта лед – корпус судна имеют меньшую протяженность.

В модели из двух локальных погонных нагрузок, приводящих к разрушению ледяной пластины, т.е. нагрузки раздробления и потери устойчивости, выбирается наименьшая. Затем для перехода от локальной погонной нагрузки с размерностью н/м к нагрузке на площадь, т.е. давлению с размерностью н/м², величина погонной нагрузки делится на протяженность зоны контакта лед – корпус судна по вертикали. При статичной нагрузке максимальной величиной зоны контакта по вертикали является толщина льда. В случае, когда минимальной является нагрузка раздробления, прочность ледяного покрова равняется прочности сжатия.

Численные эксперименты показали высокую зависимость результатов от задаваемых параметров прочности льда и законов распределения его толщины. Поэтому прогностическая ценность модельных расчетов существенно зависит от точности задания распределения толщины ледяного покрова. Однако до сих пор законы распределения толщины льда изучены явно недостаточно для того, чтобы они адекватно могли использоваться при моделировании и прогнозе различных арктических систем, включая транспортные, термодинамические и экологические. Поскольку морской лед представляет собой многофазную систему, то методы

дистанционного зондирования с помощью искусственных спутников Земли не в состоянии обеспечить научно-исследовательские работы достаточно точными данными по толщине ледяного покрова.

Поэтому в лаборатории изучения ледового плавания Отдела ледового режима и прогнозов ААНИИ в течение ряда лет для определения толщин льда используется цифровой телевизионный комплекс и разрабатывается программное обеспечение для обработки полученных с его помощью результатов [4]. Комплекс представляет собой стандартную систему видеоконтроля, адаптированную специалистами для специфических условий судовых ледовых наблюдений. Эта система состоит из внешней ТВ камеры в термобоксе с кронштейном и регулируемым объективом с изменяемым фокусным расстоянием (5–50 мм). Камера помещается на верхнем мостике судна таким образом, чтобы полем ее зрения являлся участок возле борта судна, на котором происходит выворот льдин. Камера с помощью кабеля соединяется с компьютером, на котором установлена компьютерная программа «Turphon», применяющаяся для круглосуточной записи снимков с заданной временной дискретностью в специальный буферный файл. Преимущество этой системы заключается в том, что она в принципе не требует присутствия на борту судна специалистов. Достаточно только установить камеру, измерить расстояния от камеры до плоскостей настройки оптических параметров и до поверхности воды, сделать для оптической настройки несколько снимков с известными линейными расстояниями на них (например, с ледомерной рейкой), и система может выполнять автоматическую запись снимков.

На следующем этапе из архивов выбираются снимки, подходящие для измерения толщины льда, т.е. те, на которых видна вывороты льдин, боковая поверхность. Подходящие снимки записываются в файлы формата JPEG: каждый снимок в отдельный файл. Далее с помощью программы «Универсальная обработка снимков льдин» производится обработка файлов снимков. Программа создана на алгоритмическом языке Visual Basic 6.0. Сначала с помощью этой программы формируются текстовые файлы параметров расстояний и оптической настройки.

В левом верхнем углу каждого снимка программа «Turphon» помещает дату и время снимка по часам компьютера. Программа «Универсальная обработка снимков льдин» выполняет автоматическое распознавание даты и времени. Пользователь с помощью программы выбирает снимки, измеряет расстояния на снимках путем указания с помощью курсора и манипулятора «мышь» начальной и конечной точки. Предусмотрено раздельное измерение толщин льда и высоты снега или фирна. На каждом снимке можно выполнить несколько измерений. Результаты измерений автоматически сохраняются в текстовый файл формата реляционной таблицы. Записываются следующие параметры: дата и время снимка, толщина льда, толщина снега или фирна, название файла снимка с адресом его размещения.

Создана редуцированная версия этой программы «Оперативная обработка снимка» для оперативного просмотра снимков пользователем и получения значений толщин на экране в информационном окне без записи результатов во внешние файлы.

Дальнейшая обработка выполняется в среде ГИС ArcView 3.2 с помощью специально разработанного на алгоритмическом языке Avenue программного обеспечения. Для географической привязки снимков используются файлы положений судна по данным спутниковых навигационных систем.

По времени производства снимка программа «отыскивает» точку положения судна и создает слой точек положений судна в моменты производства снимков. В качестве семантических характеристик точек записываются толщина льда и высота снега или фирна.

Использование измерительного комплекса позволяет получать очень большие объемы информации. Так, по данным высокоширотных экспедиций 2004–

2007 г. отобрано более 86 тыс. снимков, пригодных для выполнения измерений толщины льда. Наблюдения выполнены как в арктических морях, так и в Арктическом бассейне. Пятая часть из них уже обработана, результаты записаны в базы данных. Пространственная привязка точек измерений позволяет учитывать при статистической обработке пространственную неравномерность точек производства снимков и, соответственно, точек измерений толщины льда. По измеренным толщинам выделяются однородные районы, выполняется анализ пространственной и временной изменчивости толщины льда. Затем строятся эмпирические распределения толщины льда для однородных районов и временных периодов, которые в свою очередь используются при оценке рисков плавания судов во льдах.

Использование современных технологий получения натуральных данных о характеристиках ледяного покрова, в первую очередь о толщине льда, а также предложенных алгоритмов количественной оценки рисков плавания судов во льдах предоставляют инструмент для выработки надежных управленческих решений при стратегическом планировании арктических морских транспортных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богородский В.В., Гаврило В.П. Лед. Физические свойства. Современные методы гляциологии. Л.: ГМИ, 1980. 384 с.
2. Попов Ю.Н., Фаддеев О.В., Хейсин Д.Е., Яковлев А.А. Прочность судов, плавающих во льдах. Л.: Судостроение, 1967. 156 с.
3. Фаддеев О.В., Хейсин Д.Е. Определение структуры формул для оценки взаимодействия ледяного покрова с конструкциями // Тр. ААНИИ. Т. 391. С. 55–62.
4. Фролов С.В., Клейн А.Э., Третьяков В.Ю. Результаты использования цифрового телевизионного комплекса для измерений толщины льда в Арктическом бассейне в 2004–2005 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. № 75. СПб.: ААНИИ, 2007. С. 123–127.
5. ACSYS Historical Ice Chart Archive (1553–2002). Terje Brinch Loynning, Norwegian Polar Institute. Tromso, Norway, 2003. <http://acsys.npolar.no>
6. Loset S., Shkhinek K., Uvarova E. An overview of the influence of structure width and ice thickness on the global load//Proc. of the 15th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC'99). 1999. P. 425–434.

V.YU.TRETYAKOV, S.V.FROLOV, A.E.KLEIN

NAVIGATION RISK ASSESSMENT WITH USE OF DIGITAL TELEVISION COMPLEX MEASUREMENTS

The methodology of navigation risk assessment by means of computer statistical imitation of accidental events by Monte Carlo method is considered in the article. The list of the model parameters is presented. One of the main model parameters is statistical distribution of ice cover thickness. Description of the worked out computer television digital complex and software for ice cover thickness measurement is presented.